



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Gebrauchsmusterschrift**  
10 **DE 200 05 530 U 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 30/30**

21	Aktenzeichen:	200 05 530.5
22	Anmeldetag:	29. 3. 2000
47	Eintragungstag:	21. 6. 2000
43	Bekanntmachung im Patentblatt:	27. 7. 2000

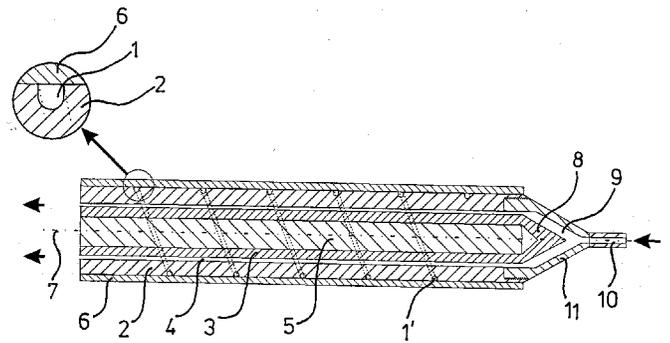
DE 200 05 530 U 1

73 Inhaber:  
IMM Institut für Mikrotechnik GmbH, 55129 Mainz,  
DE

74 Vertreter:  
Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65189  
Wiesbaden

54 **Vorrichtung für temperaturprogrammierte Gaschromatographie**

- 57 Vorrichtung für die Gaschromatographie mit den folgenden Merkmalen
- eine Kapillare für die Gaschromatographie (GC-Kapillare) auf einem im wesentlichen zylindrischen Träger (2) aufgewickelt ist,
  - eine Kühleinrichtung (3, 4) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger (2) und der Kapillare,
  - eine Heizeinrichtung (5) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger und der Kapillare, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung (3, 4) räumlich zwischen der Heizeinrichtung (5) und dem zylindrischen Träger (2) angeordnet ist.



DE 200 05 530 U 1

10.05.00

Dr. Dieter Weber *Dipl.-Chem.*

Klaus Seiffert *Dipl.-Phys.*

Dr. Winfried Lieke *Dipl.-Phys.*

*Patentanwälte*

Weber, Seiffert, Lieke · Patentanwälte · Postfach 6145 · 65051 Wiesbaden

Deutsches Patent- und Markenamt  
Postfach

80331 München

Gustav-Freytag-Straße 25  
65189 Wiesbaden  
Postfach 6145 · 65051 Wiesbaden  
Telefon 06 11/37 27 20 und 37 25 80  
Telefax 06 11/37 21 11  
E-mail: WSL-Patent@t-online.de

Datum: 9. Mai 2000  
L/st – anmimm00-u01

200 05 530.5  
IMM Institut für Mikrotechnik Mainz

#### Vorrichtung für temperaturprogrammierte Gaschromatographie

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung für die Gaschromatographie mit den Merkmalen

- eine Kapillare für die Gaschromatographie (GC-Kapillare) die auf einen im wesentlichen zylindrischen Träger (2) aufgewickelt ist,
- eine Kühleinrichtung (3, 4) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger (2) und der Kapillare,
- eine Heizeinrichtung (5) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger und der Kapillare.

Gaschromatographievorrichtungen und entsprechende Verfahren sind schon seit langem bekannt. Sie arbeiten zum Beispiel in der Weise, daß ein Fluid unbekannter Zusammensetzung in eine sehr dünne und lange Kapillare geleitet wird, die zuvor auf eine konstante Temperatur aufgeheizt wurde. Je nach der Ausgestaltung des Inneren der Kapillare, das heißt je nach dem, aus welchem Material die Kapillare besteht, bzw. mit welchem Material ihre Innenwand beschichtet ist, und auch in Abhängigkeit davon, ob sich im Inneren der Kapillare noch Säulenmaterial befindet, gelangen die einzelnen chemischen Bestandteile eines in die Kapillare eingeleiteten Fluids

DE 200 05 530.5

Postgirt: Frankfurt/M 6763-602  
Bank: Dresdner Bank AG, Wiesbaden  
Konto 27680700 (BLZ 51080060)

unterschiedlich schnell am anderen Ende der Kapillare wieder heraus. Am Ende der Kapillare befindet sich ein geeigneter Detektor, der die verschiedenen Substanzen, aus denen das hindurchgeleitete Fluid besteht, und zeitaufgelöst erfaßt. Auf diese Weise wird das eingeleitete Fluid in seine einzelnen Komponenten zerlegt, die dann eindeutig identifizierbar sind. Damit wird auch das eingeleitete Fluid in eindeutiger Weise in seiner Zusammensetzung charakterisiert. Dieses Prinzip der Gaschromatographie findet breite Anwendung als analytisches Verfahren, beispielsweise in der Prozessanalytik. Generell unterscheidet man in der Gaschromatographie zwei unterschiedliche Arbeitsweisen. Neben der isothermen Arbeitsweise wird oftmals zur Beschleunigung der analytischen Auftrennung bei gleichbleibender Analysequalität die temperaturprogrammierte Arbeitsweise eingesetzt. Ein Beispiel ist die Ethenoxid-Analytik. Hierzu werden zum Beispiel Quarzkapillaren mit einem typischen Innendurchmesser von ca. 100-500 µm und einer Länge von ca. 15-30 m verwendet. Diese Quarzkapillarsäulen werden in einem handelsüblichen GC-Ofen während der Auftrennung kontinuierlich von einer Starttemperatur zwischen 20 °C und 110 °C auf eine Zieltemperatur zwischen 150 °C und 250 °C aufgeheizt. Die Dauer einer solchen Analyse bzw. Retentionszeit von Ethenoxid liegt im GC-Ofen typischerweise im Bereich von 5 bis 10 Minuten.

Um danach eine neue Analyse durchführen zu können, muß der entsprechende GC-Ofen mit dem eingebauten Lüfter wieder auf die Ausgangstemperatur zur Analyse abgekühlt werden. Diese Konditionierungszeit dauert typischerweise zwischen 15 und 20 Minuten.

Auch andere GC-Systeme haben mit dem Problem zu kämpfen, die sich aus der Retentionszeit und der Konditionierungszeit zusammensetzende Gesamtanalysezeit zu verringern, da nicht nur die Analysezeiten selbst mindestens einige Minuten und im Extremfall sogar bis zu Stunden dauern, sondern daß darüber hinaus auch die entsprechende Gaschromatographievorrichtung nach Abschluß der Analyse nicht unmittelbar wieder für eine erneute Analyse zur Verfügung steht, sondern zunächst erst einmal wieder abgekühlt werden muß, was oftmals noch länger dauert als der eigentliche Meßvorgang.

Gegenüber diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Gaschromatographieeinrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen zu schaffen, bei welchen die Gesamtanalysezeit für GC-Analysen wesentlich verkürzt ist.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich der Vorrichtung dadurch gelöst, daß die Kühleinrichtung räumlich zwischen der Heizeinrichtung und dem zylindrischen Träger angeordnet ist.

Bei der Benutzung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird ein Kühlfluid durch Kühlkanäle in der Weise hindurchgeleitet wird, daß hierdurch die Kapillare bzw. der Kapillarträger von einer entsprechenden Heizeinrichtung abgeschirmt wird.

Die Anordnung der Kühleinrichtung zwischen Heizer und Kapillarträger hat für die Abkühlraten und damit für die Gesamtanalysezeiten einen enorm beschleunigenden Effekt. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wurden beispielsweise unter Verwendung von Preßluft als Kühlfluid bei einem Druck von 4 bar eine Abkühlrate von -2,3 K/s gemessen, bei 10 bar sogar -5,0 K/s. Diese Werte entsprechen der 12- bzw. 25-fachen Kühlrate eines GC-Ofens. Zusätzlich wurden mit der erfindungsgemäßen Anordnung Aufheizraten von beispielsweise 4,7 K/s erzielt. Dies entspricht etwa dem 12-fachen eines GC-Ofens. Im Gegensatz zum Stand der Technik, bei welchem trotz Kühlung die Kapillare oftmals auch noch einem weiteren Nachheizen durch die Heizeinrichtung ausgesetzt war, erfolgt bei der erfindungsgemäßen Anordnung eine Abschirmung des Kapillarträgers von der Heizeinrichtung, gleichzeitig erfolgt eine Kühlung nach beiden Richtungen, nämlich sowohl der Heizeinrichtung als auch der des Kapillarträgers, ohne daß jedoch dem Träger weitere Heizenergie von der Heizeinrichtung zugeführt werden kann.

Zweckmäßigerweise ist die Vorrichtung außerdem so ausgestaltet, daß die Abstände zwischen der GC-Kapillare und der Kühleinrichtung sowie zwischen der wirksamen Heizfläche und der GC-Kapillare über die gesamte Länge der Kapillare hinweg im wesentlichen konstant sind. Dies trägt zu einer konstanten Temperaturverteilung entlang der GC-Kapillare bei und auch die Kühlung der Kapillare erfolgt dann sehr gleichmäßig und mit maximaler Geschwindigkeit.

Am sinnvollsten und einfachsten wird die vorstehende Bedingung dadurch realisiert, daß der Träger für die GC-Kapillare, die Kühleinrichtung und die Heizeinrichtung konzentrisch zueinander angeordnet sind. Da die GC-Kapillare im allgemeinen spiralförmig auf den Träger aufgewickelt wird und da der Wickelradius der GC-Kapillare nicht beliebig klein sein kann, ist es außerdem zweckmäßig, wenn dementsprechend die Kühleinrichtung radial innerhalb der GC-Kapillarwicklung und, in Übereinstimmung mit den oben bereits erwähnten Merkmalen, die Heizeinrichtung radial innerhalb der Kühleinrichtung angeordnet sind. Es versteht sich, daß alle drei Hauptelemente, nämlich der Kapillarträger, die Kühleinrichtung und die Heizeinrichtung untereinander einen sehr guten thermischen Kontakt haben sollten, wobei im Betrieb der GC-Kapillare die Heizung über die zwischen Heizer und Kapillarträger angeordnete Kühleinrichtung erfolgt, die demzufolge aus einem gut wärmeleitenden, vorzugsweise metallischen Material bestehen sollte und die selbstverständlich während des Normalbetriebs und während des Betriebes des Heizers nicht im aktiven Kühlbetrieb arbeitet. Der Kapillarträger ist demzufolge ein Hohlzylinder, dessen Innendurchmesser dem Außendurchmesser der ebenfalls als hohlzylindrischer Körper ausgebil-

deten Kühleinrichtung entspricht, wobei der Innendurchmesser der Kühleinrichtung wiederum dem Außendurchmesser eines zylindrischen Heizers entspricht. Zweckmäßigerweise wird eine sogenannte „Heizpatrone“ verwendet, die die Form eines zylindrischen Stabes hat und fertig konfektioniert von entsprechenden Herstellern bezogen werden kann.

Diese Ausgestaltung mit konzentrischen Modulen ermöglicht außerdem, insbesondere bei Verwendung einer gefüllten und damit relativ kurzen Kapillare, eine weitgehende Miniaturisierung der gesamten GC-Vorrichtung, die in der bevorzugten Ausgestaltung bei einem Durchmesser von weniger als 20 mm eine Länge von weniger als 200 mm haben kann, eventuell auch noch weiter verkleinert werden kann.

Da für den eigentlichen Betrieb der GC-Kapillare eine einheitliche Temperaturverteilung über die gesamte Länge hinweg und ein möglichst schnelles Erreichen dieser Temperatur für eine kurze Meßzeit von wesentlicher Bedeutung sind, ist in der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, daß die axiale Länge der Heizeinrichtung und die axiale Länge der Kühleinrichtung sich jeweils mindestens über die axiale Länge der Kapillarwicklung erstrecken, so daß nicht etwa die Endbereiche der Kapillarwicklung anderen Bedingungen ausgesetzt sind als der zentrale Abschnitt. Zweckmäßigerweise ist die Kühleinrichtung derart ausgestaltet, daß sie aus einem hohlzylindrischen Kühlkörper besteht, dessen Zylinderwand von Kühlkanälen durchzogen ist, die von einem Kühlfluid durchströmbar sind. Diese Kühlkanäle sollten in im wesentlichen gleichen Abständen parallel zueinander und in konstanten Abstand zur Achse der Vorrichtung verlaufen, und sie sollten im wesentlichen in axialer Richtung verlaufen. Allerdings könnten die Kühlkanäle auch leicht schraubenförmig verdrillt sein, in diesem Fall aber vorzugsweise entgegengesetzt der Steigung der Kapillarwicklung und dann vorzugsweise so, daß die Kühlkanäle im wesentlichen senkrecht zu der Kapillare bzw. der Kapillarwicklung verlaufen. Vorzugsweise verlaufen jedoch die Kühlkanäle einfach achsparallel, da eine solche Ausführungsform auf jeden Fall einfacher herstellbar ist. Eine besonders einfache und zweckmäßige Ausgestaltung sieht dabei vor, daß die Kühlkanäle als nach außen offene Nuten in der Außenwand des hohlzylindrischen Kühlkörpers ausgebildet sind. An einem Ende ist der Kühlkörper vorzugsweise geschlossen und läuft in Form einer konischen Spitze aus, wobei diese konische Spitze die innere Wand eines Zufuhrkanals bzw. Verteilers für ein Kühlfluid bildet. Die Außenwand des entsprechenden Verteilers für ein Kühlfluid wird durch einen konisch zulaufenden Endabschnitt des den Kühlkörper umgebenden Kapillarträgers gebildet.

Der Querschnitt der Kühlkanäle und deren Zahl und Abstand wird im Hinblick auf eine optimale Kühlleistung und eine effektive Abschirmung des Heizers von dem Kapillarträger ausgewählt. Dabei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die einzelnen Kühlkanäle eine Tiefe haben,

die zwischen 20 % und 60 % der Wandstärke des hohlzylindrischen Kühlkörpers erfaßt und die davon unabhängig absoluten Maßen im Bereich zwischen 0,5 und 3 mm liegen sollte. Dabei sollte in der von den Kühlkanälen erfaßten Schicht des Kühlkörpers der Querschnitt zwischen zwei benachbarten Kühlkanälen maximal das Dreifache, vorzugsweise höchstens das Doppelte des Querschnitts der einzelnen Nuten bzw. Kühlkanäle betragen. Die Zahl der entlang des Umfangs des hohlzylindrischen Kühlkörpers verteilten Kühlkanäle liegt bei Einhaltung der vorstehenden Bedingungen und unter Berücksichtigung typischer Durchmesser der Kühlkörper im Bereich zwischen 8 und 25 zwischen 15 und 50.

Ebenso wie der Kühlkörper und zumindest die äußere Wand der Heizpatrone sollte auch der Kapillarträger aus einem möglichst gut wärmeleitenden Material bestehen. Der Träger weist außerdem auf seiner Außenseite eine schraubenförmig umlaufende Nut mit U-förmigen Querschnitt für die Aufnahme einer Kapillare auf. Dabei sind in der bevorzugten Ausführungsform die Breite der Nut und der U-Bogen möglichst genau auf den Durchmesser der Kapillare abgestimmt, allenfalls geringfügig größer als der Kapillardurchmesser, so daß die Kapillare möglichst großflächig am Grund der Nut und an den Nutwänden anliegt, wenn die Kapillare fest auf den Kapillarträger aufgewickelt und in die Nut eingelegt ist. Dabei hat die Nut eine geringfügig größere Tiefe als es dem Durchmesser der Kapillare entsprechen würde, damit die Kapillare nicht über den Außenrand des Kapillarträgers hervorsteht. Auf diese Weise ist es möglich, eine Schutzhülse über den Kapillarträger hinwegzuschieben, der die umlaufende Nut mit der eingelegten Kapillare abdeckt und schützt. Die Schutzhülse verbessert auch aufgrund des guten Wärmekontakts die radiale Temperaturgleichverteilung auf der Kapillarsäule. Alle ineinandergeschobenen zylindrischen Teile sollten in möglichst enger Passung ausgeführt sein, damit ein guter Wärmekontakt entsteht. Denkbar wäre es auch, die einzelnen hohlzylindrischen Körper wechselweise von innen und außen mit im wesentlichen axial verlaufenden Schlitzten zu versehen, die einem hohlzylindrischen Körper eine gewisse Dehnungsfähigkeit verleihen, so daß die einzelnen hohlzylindrischen Elemente mit einer gewissen Preßpassung zusammengesteckt werden können.

Außerdem ist es möglich, den jeweils äußeren hohlzylindrischen Teil gegenüber dem inneren aufzuheizen, bevor die Elemente zusammengesteckt werden, wobei die Teile bei Erreichen eines Temperaturgleichgewichts fest aneinander anliegen.

Die Kapillare ist vorzugsweise eine gefüllte Kapillare, die mit einem feinkörnigen Material gefüllt ist, dessen einzelne Körner eine möglichst gleichmäßige, wohldefinierte Größe und Form haben. Dies ermöglicht insbesondere die Verwendung relativ kurzer GC-Kapillaren von z. B. weniger als 1 m Länge. Ein mögliches Füllmaterial ist z. B. ein fein klassiertes poröses Polymer- und/ oder Zeolith-Material.

Der Außendurchmesser des Kapillarträgers liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 12 und 30 mm, der Außendurchmesser des Kühlkörpers im Bereich von 8 bis 25 mm und der Außendurchmesser der zentralen Heizpatrone im Bereich von 4 bis 14 mm.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden deutlich an Hand der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform und der dazugehörigen Figuren.

Es zeigen:

Figur 1 einen axialen Längsschnitt durch eine Gaschromatographievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung,

Figur 2 einen Querschnitt durch die Vorrichtung nach Figur 1 mit einer Schnittlinie senkrecht zur Achse 7 und

Figur 3 ein Beispiel mehrerer aufeinanderfolgender Analysen mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem GC-Diagramm.

Man erkennt in Figur 1 und 2 insgesamt vier verschiedene zylindrische bzw. hohlzylindrische Teile, die in enger Passung ineinander gesteckt sind. Im Zentrum befindet sich eine zylindrische Heizpatrone 5, die umgeben ist von einem Kühlkörper 3. Dieser Kühlkörper 3 ist wiederum umgeben von einem Kapillarträger 2 und der Kapillarträger 2 ist schließlich umfaßt von einer äußeren Schutzhülse 6. Der Kapillarträger 2 weist eine schraubenförmig umlaufende Nut 1 auf, die in einer Ausschnittvergrößerung in Figur 1 nochmals dargestellt ist, und deren Querschnitt so bemessen ist, daß sie eine zylindrische Kapillare, die zum Beispiel aus polyimidbeschichtetem Quarz oder metallischem Material, wie beispielsweise Edelstahl, besteht, vollständig aufnimmt. Der Querschnitt der Nut und insbesondere der untere U-Bogen sind dabei dem Kapillardurchmesser angepaßt, so daß die Kapillare möglichst großflächig in gutem Wärmekontakt an den Wänden und im Grund der Nut 1 anliegt, wobei der Wärmekontakt durch die Wärmeleitung fördernde Materialien, wie beispielsweise Wärmeleitpaste, verbessert werden kann. Innerhalb des Kapillarträgers 2 befindet sich ein hohlzylindrischer Kühlkörper 3, dessen Querschnitt man besonders gut in Figur 2 erkennt. In Figur 2 ist auch die Tiefe der Nut 1 des Kapillarträgers 2 erstreckt, durch eine umlaufende gestrichelte Linie angedeutet. Der Kühlkörper 3 weist entlang seines äußeren Umfangs in axialer Richtung verlaufende Kühlkanäle 4 auf, die sich in der äußeren Schicht des Kühlkörpers 3 in einer Tiefe erstrecken, die zwischen 20 und 60 % der Wandstärke des Kühlkörpers 3 liegt. Man beachte, daß die Darstellungen in den Figuren 1 und 2 nicht unbedingt maßstabsgetreu sind.

Wie man an Hand des vergrößerten Ausschnittes von Figur 2 außerdem erkennen kann, entspricht der Querschnitt des Materials zwischen den beiden dort dargestellten Kühlkanälen 4, nur bezogen auf die Schichtdicke, innerhalb welcher sich die Kanäle 4 erstrecken, in etwa der Summe der Querschnitte dieser beiden benachbarten Kühlkanäle 4. Jeder Kühlkanal 4 muß also effektiv auf seinen beiden Seiten jeweils einen Querschnitt kühlen, der etwa seinem eigenen Querschnitt entspricht. Dieses Verhältnis hat sich als relativ günstig erwiesen, um einerseits über den Querschnitt zwischen den Kanälen eine ausreichend gute Wärmeleitung zu haben, wenn die Vorrichtung im normalen Gaschromatographie-Betrieb arbeitet, weil dann nämlich die Leistung des Heizers 5 über den Kühlkörper 3 und die Stege zwischen den Kanälen 4 möglichst gleichmäßig auf den Kapillarträger 2 übertragen werden muß, während andererseits im Kühlbetrieb diese Stege durch die dicht benachbarten Kühlkanäle sehr schnell und effektiv abgekühlt werden und dann wiederum den Kapillarträger sehr gleichmäßig kühlen, wobei auch der erwähnte Abschirmeffekt zur Geltung kommt. Selbstverständlich können die Kühlkanäle 4 auch in mehreren Ebenen bzw. Schichten im Kühlkörper 3, vorzugsweise in der Nähe seines äußeren Umfangs angeordnet sein. Wie man in Figur 1 noch erkennt, ist der Kühlkörper 3 an seinem rechten Ende mit einer geschlossenen konischen Spitze 8 versehen und der Kapillarträger 2 weist an dem gleichen Ende eine hohlkonische Spitze 11 auf, die in einen Zufuhrkanal 10 mündet, durch welchen Kühlfluid zugeführt werden kann. Auf diese Weise wird ein ringförmiger, sich konisch aufweitender Verteiler 9 gebildet, der die Verbindung von dem Zufuhrkanal 10 zu den einzelnen Kanälen 4 des Kühlkörpers 3 herstellt. Ein Kühlfluid, im einfachsten Fall Umgebungsluft, wird durch den Kanal 10 unter einem Druck von einigen bar eingeblasen und strömt dann gleichmäßig verteilt durch die Kanäle 4 entlang des Umfanges des Kühlkörpers 3 in axialer Richtung und am freien Ende der GC-Vorrichtung heraus, wie dies durch kurze schwarze Pfeile angedeutet wird.

Mit einem ersten Muster der erfindungsgemäßen GC-Vorrichtung sind konkret für die Ethenoxid-Analyse sehr kurze Gesamtanalysezeiten für wiederholte Messungen erzielt worden. Figur 3 zeigt ein Beispiel für die Ethenoxid-Analyse mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wonach die Retentionszeit von Ethenoxid jeweils nur etwa eine Minute dauerte und eine vollständige Abkühlung in weniger als einer Minute zu erzielen war, so daß die Messung bereits nach weniger als zwei Minuten wiederholt werden konnte. Konkret zeigt das Beispiel gemäß Figur 3, daß innerhalb von 8 Minuten insgesamt 5 Analysen durchgeführt werden konnten. Dies ist um ein Vielfaches schneller als es mit herkömmlichen Verfahren und Vorrichtungen in der Vergangenheit möglich war.

## Schutzansprüche

1. Vorrichtung für die Gaschromatographie mit den folgenden Merkmalen
  - eine Kapillare für die Gaschromatographie (GC-Kapillare) auf einem im wesentlichen zylindrischen Träger (2) aufgewickelt ist,
  - eine Kühleinrichtung (3, 4) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger (2) und der Kapillare,
  - eine Heizeinrichtung (5) in gutem thermischen Kontakt mit dem zylindrischen Träger und der Kapillare,dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung (3, 4) räumlich zwischen der Heizeinrichtung (5) und dem zylindrischen Träger (2) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände zwischen der GC-Kapillare und der Kühleinrichtung (3, 4) sowie zwischen der wirksamen Heizfläche der Heizeinrichtung (5) und der GC-Kapillaren über im wesentlichen die gesamte Wickellänge der Kapillare im wesentlichen konstant sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) der GC-Kapillare, die Kühleinrichtung (3, 4) und die Heizeinrichtung (5) im wesentlichen konzentrisch zueinander angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) ein Hohlzylinder ist, dessen Innendurchmesser dem Außendurchmesser einer ebenfalls als ein hohlzylindrischer Körper ausgebildeten Kühleinrichtung (3, 4) entspricht, und wobei der Innendurchmesser der Kühleinrichtung (3, 4) dem Außendurchmesser eines zylindrischen Heizers (5) entspricht.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Länge der Kühleinrichtung (3, 4) sowie der Heizeinrichtung (5) sich jeweils mindestens über die axiale Länge der Kapillarwicklung erstrecken.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung aus einem hohlzylindrischen Kühlkörper 3 besteht, dessen Wand von Kühlkanälen (4) durchzogen ist, die von einem Kühlfluid durchströmbar sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle im wesentlichen axial in gleichen Abständen parallel zueinander und in konstantem Abstand zur Achse (7) der gesamten Vorrichtung verlaufen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (4) als offene Nuten in der Außenwand des hohlzylindrischen Kühlkörpers (3) ausgebildet sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der hohlzylindrische Kühlkörper (3) an einem Ende in eine konische Spitze (8) ausläuft.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper und der zylindrische Träger aus einem gut wärmeleitenden Metall bestehen.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizer eine zylindrische Heizpatrone ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) auf seiner Außenseite eine schraubenförmig umlaufende Nut (1) mit für die Aufnahme der Kapillare aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Nut auf den Durchmesser der Kapillare abgestimmt sind, während die Tiefe der Nut (1) größer gleich dem Kapillardurchmesser ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine zylindrische Hülse (6) vorgesehen ist, die auf den Träger (2) in enger Passung aufschiebbar ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapillare mit einem feinklassierten porösen Polymer- und/ oder Zeolithmaterial gefüllt ist und eine Länge von weniger als ein Meter hat.
16. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder einem der auf Anspruch 4 rückbezogenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägeraußendurchmesser im Bereich zwischen 12 und 30 mm, der Kühlkörperaußendurchmesser im Bereich zwischen 8 und 25 mm, und der Heizpatronendurchmesser im Bereich zwischen 4 und 14 mm liegen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägeraußendurchmesser  $18 \pm 2$  mm, den Kühlkörperdurchmesser  $12,5 \pm 2$  mm und der Heizpatronendurchmesser  $6,5 \pm 1,5$  mm beträgt.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkanalquerschnitt zwischen  $0,2$  und  $2 \text{ mm}^2$ , vorzugsweise bei etwa  $0,5 \text{ mm}^2$  liegt, daß der Abstand zwischen benachbarten Kühlkanälen in Umfangsrichtung des Kühlkörpers (3) zwischen  $0,5$  und  $2$  mm, vorzugsweise zwischen  $0,8$  und  $1,2$  mm und insbesondere bei  $1$  mm liegt, und daß die Anzahl der Kühlkanäle zwischen minimal 15 und maximal 50 liegt.

300300

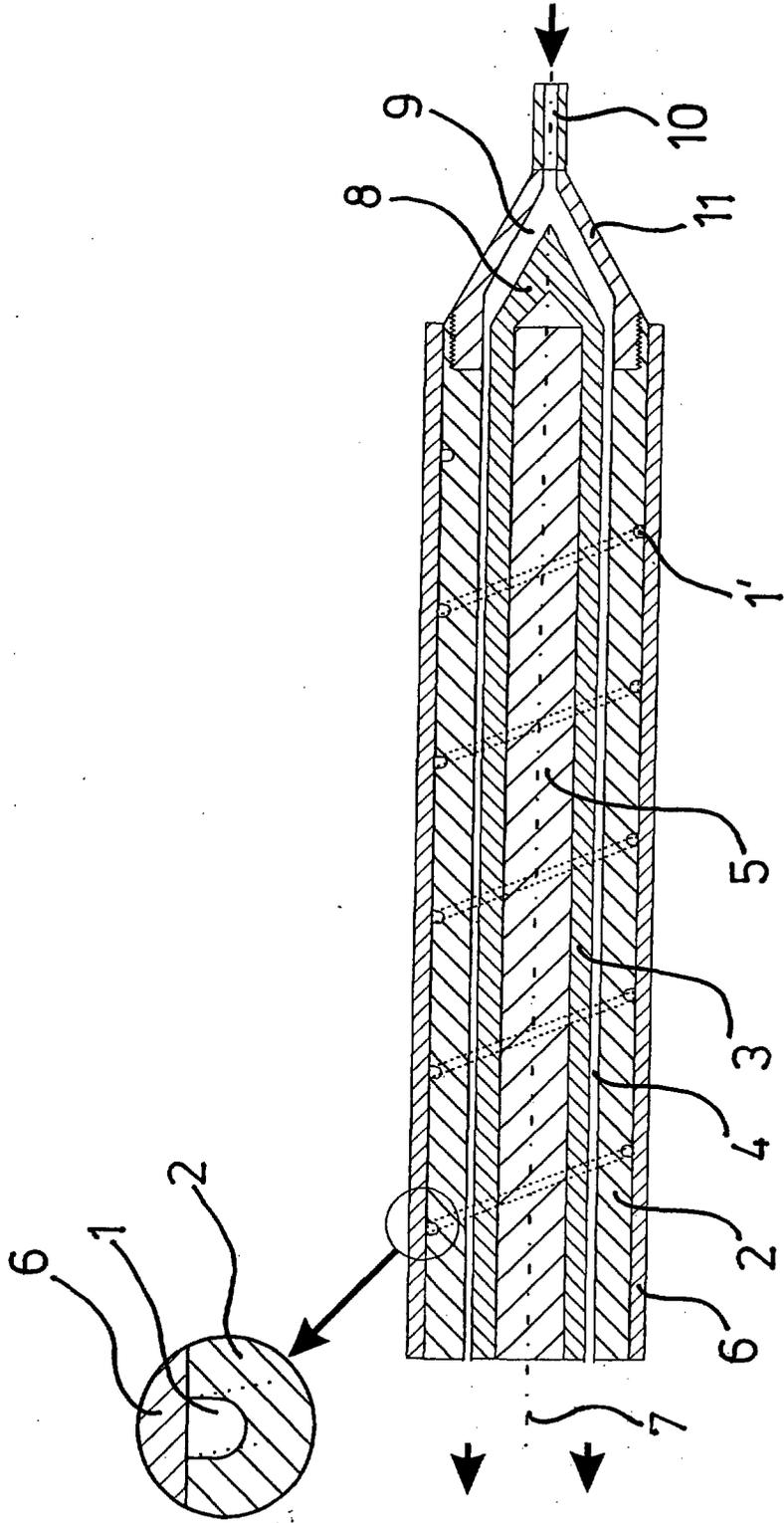


Fig. 1

DE 20005300 U1

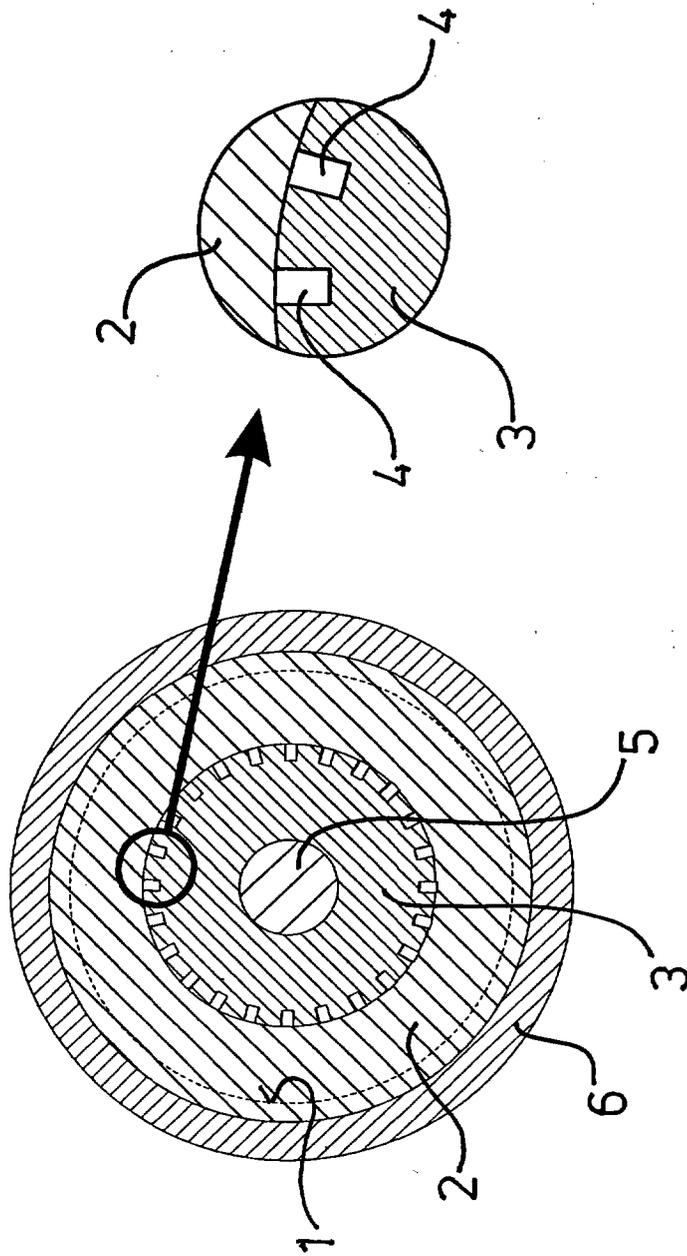


Fig. 2

3003

- Peaks:  
1. N<sub>2</sub>  
2. CH<sub>4</sub>  
3. CO<sub>2</sub>  
4. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>  
5. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>  
6. C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>  
7. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>  
8. EO

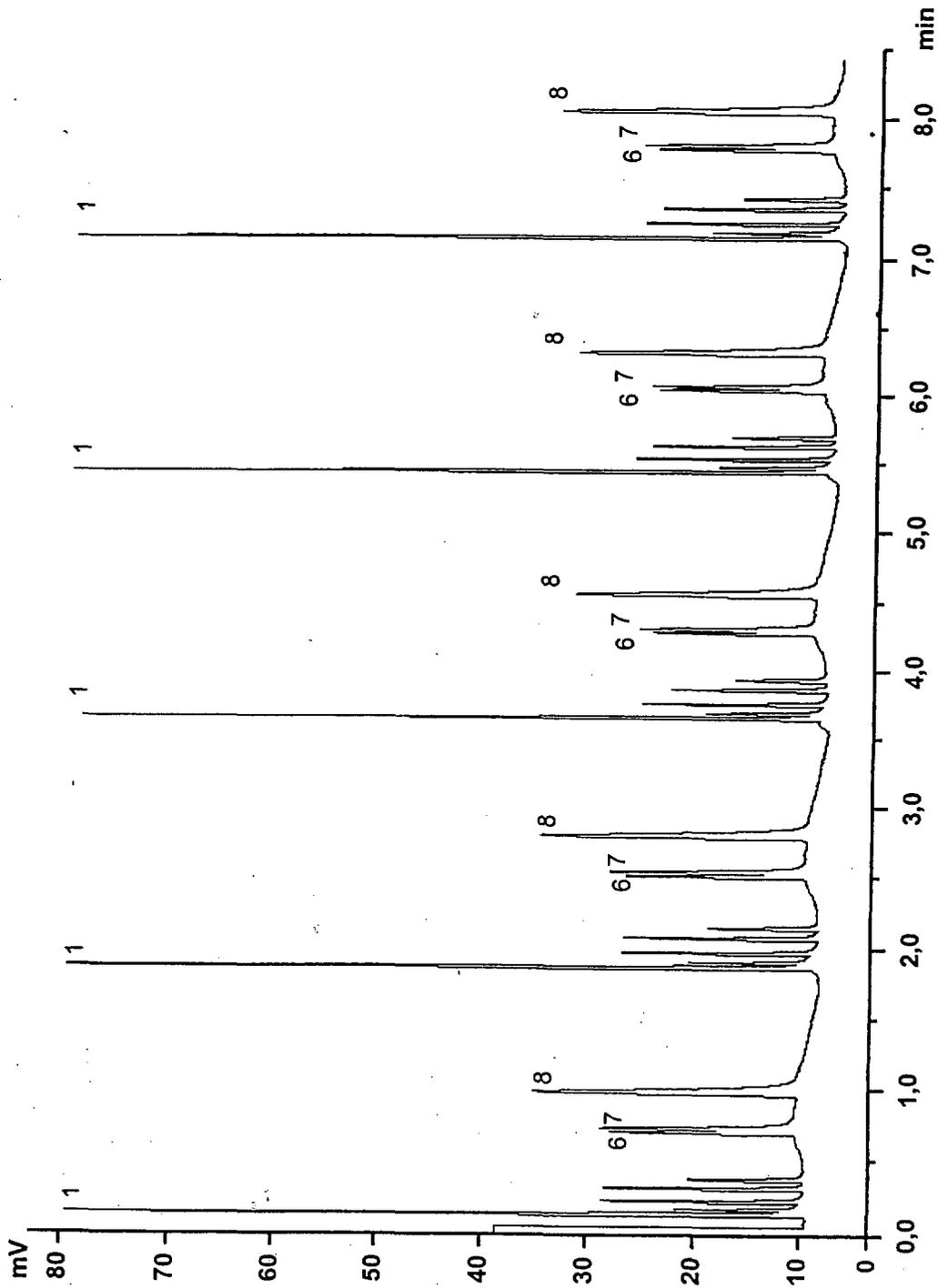


Fig. 3

3003